

KN-159-A

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant: Matsuda et al.  
Serial Number: 10/057,779  
Filed: 24 January 2002  
Group Art Unit: 2881  
Examiner: Unknown  
Confirmation Number: 9335  
Title: LASER OSCILLATOR AND LIGHT SCATTERING  
PARTICLE DETECTOR USING THE SAME

COPY OF PAPERS  
ORIGINALLY FILED

**TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT**

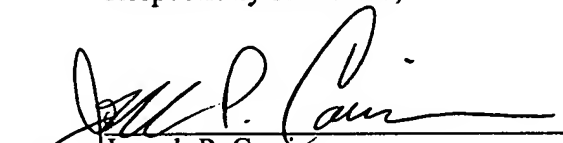
Assistant Commissioner For Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

In connection with the identified application, applicant encloses for filing a certified copy of:  
Japanese Patent Application No. 2001-016168, filed 24 January 2001, to support applicant's claim for  
Convention priority under 35 USC §119.

Respectfully submitted,

Customer Number 21828  
Carrier, Blackman & Associates, P.C.  
24101 Novi Road, Suite 100  
Novi, Michigan 48375  
26 February 2002

  
Joseph P. Carrier  
Attorney for Applicant  
Registration No. 31,748  
(248) 344-4422

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the U.S. Postal Service as first class  
mail in an envelope addressed to Box Missing Parts, Assistant Commissioner For Patents, Washington,  
D.C. 20231 on 26 February 2002.

Dated: 26 February 2002  
JPC/km /eb  
enclosure

  
Kathryn MacKenzie

11-8-02

(5)



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2001年 1月24日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2001-016168

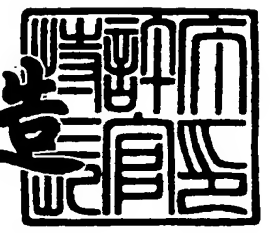
[ ST.10/C ]: [ JP2001-016168 ]

出 願 人  
Applicant(s): リオン株式会社

2002年 1月25日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2002-3000791

【書類名】 特許願

【整理番号】 R001001

【提出日】 平成13年 1月24日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N 15/10

【発明者】

【住所又は居所】 東京都国分寺市東元町3丁目20番41号 リオン株式会社内

【氏名】 松田 朋信

【特許出願人】

【識別番号】 000115636

【氏名又は名称】 リオン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100085257

【弁理士】

【氏名又は名称】 小山 有

【選任した代理人】

【識別番号】 230100631

【弁護士】

【氏名又は名称】 稲元 富保

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 038807

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0009302

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ発振器とそれを用いた光散乱式粒子検出器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 励起用光源が発する励起光を集光手段によって固体レーザに集光させ、この固体レーザが発するレーザ光を反射手段によって前記固体レーザに帰還させるレーザ発振器において、前記集光手段は縦方向と横方向とで異なる曲率半径の面を有することを特徴とするレーザ発振器。

【請求項 2】 励起用光源が発する励起光を集光手段によって固体レーザに集光させ、この固体レーザが発するレーザ光を反射手段によって前記固体レーザに帰還させるレーザ発振器において、前記反射手段は縦方向と横方向とで異なる曲率半径の面を有することを特徴とするレーザ発振器。

【請求項 3】 励起用光源が発する励起光を集光手段によって固体レーザに集光させ、この固体レーザが発するレーザ光を反射手段によって前記固体レーザに帰還させるレーザ発振器において、前記集光手段と前記反射手段は、共に縦方向と横方向とで異なる曲率半径の面を有することを特徴とするレーザ発振器。

【請求項 4】 請求項 1、2 又は 3 に記載のレーザ発振器が放射するレーザ光を、試料流体が形成する流路に照射して粒子検出領域を形成し、この粒子検出領域に含まれる粒子を、前記レーザ光が粒子に照射されて生じる散乱光を受光することによって検出することを特徴とする光散乱式粒子検出器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、励起用光源を用いたレーザ発振器とそれを用いて試料流体中に含まれる粒子を検出する光散乱式粒子検出器に関する。

【0002】

【従来技術】

従来の光散乱式粒子検出器としては、特公平 6 - 5 8 3 1 8 号公報に記載された 2 つの方式が知られている。一方の方式は、レーザ媒質として He - Ne ガスレーザを用いたものであり、他方の方式は、レーザ媒質として固体レーザを用い

たものである。

図 5 に示すように、共にレーザ共振器内部に試料流体がインレット 1 0 0 からアウトレット 1 0 1 にながれる流路 1 0 2 を形成し、横モードパターンが円形のレーザ光 L a と流路 1 0 2 が交差する箇所を粒子検出領域 1 0 3 としている。

#### 【 0 0 0 3 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

近年、精密電子機器などの製造は、清浄な環境下、例えばクリーンルーム内で行われる傾向にある。クリーンルームの清浄度の管理は、クリーンルーム内に浮遊する粒子数を管理することによって行われている。そして、クリーンルーム内の粒子数の管理においては、大量の試料空気を粒子検出器に取り込む必要がある。

#### 【 0 0 0 4 】

そこで、大量の試料気体を所定時間内に粒子検出器の流路に流すためには流路の断面積を大きくする必要がある。また、流路内を通過する試料気体内の粒子をもれなく検出するためには、流路の断面積に合わせてレーザ光の断面形状も大きくし、より大きな粒子検出領域を形成する必要がある。

#### 【 0 0 0 5 】

しかしながら、レーザ光の断面形状を大きくすると従来の光散乱式粒子検出器においては、次のような問題が出てくる。

(1) レーザ媒質を H e - N e ガスとする光散乱式粒子検出器においては、H e - N e ガスレーザ媒質は断面が円形の細いガラス管で形成されているため、レーザ光の横モードパターンは円形となる。そこで、円形のレーザ光の断面を広げるとエネルギー密度が下がり、結果として粒子からの散乱光量が減って、微小粒子の検出が難しくなる。

(2) レーザ媒質を固体レーザとする光散乱式粒子検出器においては、励起用光源の照射レンズの面と反射鏡の面が共に球面状に形成されているため、レーザ光の横モードパターンは円形となる。そこで、円形のレーザ光の断面を広げるとエネルギー密度が下がり、結果として粒子からの散乱光量が減り、微小粒子の検出が難しくなる。

(3) 従来の技術において、より大きな粒子検出領域を形成し、且つエネルギー密度を下げないために、He・Neガスレーザの場合には、より長く太いガラス管のレーザ媒質を用いなければならないし、固体レーザの場合には、より高出力な励起用光源を用いなければならない。どちらも大型で高価である。

また、この場合、レーザ光の断面は円形で広がるため、粒子検出領域の体積が大きくなり、検出領域の空気分子などが発する散乱光が増大し、結果として背景光の増加によるノイズの増加が起こり微小粒子の検出が難しくなる。

#### 【0006】

本発明は、従来の技術が有するこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、断面形状が細長いレーザ光を出力するレーザ発振器及び粒子検出領域を大きくすることができる光散乱式粒子検出器を提供しようとするものである。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決すべく請求項1に係る発明は、励起用光源が発する励起光を集光手段によって固体レーザに集光させ、この固体レーザが発するレーザ光を反射手段によって前記固体レーザに帰還させるレーザ発振器において、前記集光手段は縦方向と横方向とで異なる曲率半径の面を有するものである。

#### 【0008】

請求項2に係る発明は、励起用光源が発する励起光を集光手段によって固体レーザに集光させ、この固体レーザが発するレーザ光を反射手段によって前記固体レーザに帰還させるレーザ発振器において、前記反射手段は縦方向と横方向とで異なる曲率半径の面を有するものである。

#### 【0009】

請求項3に係る発明は、励起用光源が発する励起光を集光手段によって固体レーザに集光させ、この固体レーザが発するレーザ光を反射手段によって前記固体レーザに帰還させるレーザ発振器において、前記集光手段と前記反射手段は、共に縦方向と横方向とで異なる曲率半径の面を有するものである。

#### 【0010】

請求項 4 に係る発明は、請求項 1、2 又は 3 に記載のレーザ発振器が放射するレーザ光を、試料流体が形成する流路に照射して粒子検出領域を形成し、この粒子検出領域に含まれる粒子を、前記レーザ光が粒子に照射されて生じる散乱光を受光することによって検出するものである。

## 【 0 0 1 1 】

## 【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。ここで、図 1 は本発明の第 1 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図、図 2 はレーザ光と流路との関係を示す斜視図、図 3 は本発明の第 2 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図、図 4 は本発明の第 3 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図である。

## 【 0 0 1 2 】

本発明の第 1 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、図 1 に示すように、光源としてのレーザ発振器 1 と、検出対象となる流体により形成される流路 2 と、散乱光  $L_s$  を受光する受光部 3 を備えている。

## 【 0 0 1 3 】

レーザ発振器 1 は、横モードパターンが円形の励起用レーザ光  $L_e$  を放射する半導体レーザ 11 と、励起用レーザ光  $L_e$  を集光する集光レンズ系 12 と、集光レンズ系 12 で集光した励起用レーザ光  $L_e$  を受けて励起し、レーザ光  $L_a$  を放射する固体レーザ 13 と、固体レーザ 13 と流路 2 を挟んで対向して設置され、固体レーザ 13 が放射するレーザ光  $L_a$  を反射して固体レーザ 13 に帰還させる凹面鏡 14 からなる。

## 【 0 0 1 4 】

集光レンズ系 12 は、球面形状からなる凸レンズ 12a と、シリンダリカルレンズ（円柱レンズ）12b からなる。横モードパターンが円形の励起用レーザ光  $L_e$  は、凸レンズ 12a で集光された後に、シリンダリカルレンズ 12b によって横モードパターンが細長形状の励起用レーザ光  $L_e$  に変換される。

## 【 0 0 1 5 】

ここで、励起用レーザ光  $L_e$  の横モードパターンが細長形状とは、レーザビー

ムの断面形状が細長形状であって、流路 2 の方向（以下、X 方向と記す）を短くし、流路 2 に直交する方向（以下、Y 方向と記す）を長くした形状で、レーザービームを扁平にした状態をいう。

## 【 0 0 1 6 】

固体レーザー 1 3 としては、例えば  $\text{Nd} : \text{YVO}_4$ 、 $\text{Nd} : \text{YAG}$  などが用いられる。固体レーザー 1 3 の集光レンズ系 1 2 側の端面には、半導体レーザー 1 1 の励振波長（固体レーザー 1 3 のポンピング波長）を通す反射防止膜および固体レーザー 1 3 の発振波長を反射する反射膜が形成されている。また、固体レーザー 1 3 の凹面鏡 1 4 側の端面には、固体レーザー 1 3 の発振波長に対する反射防止膜が形成されている。

## 【 0 0 1 7 】

固体レーザー 1 3 は、その端面から垂直に横モードパターンが細長形状のレーザー光  $L_a$  を放射する。ここで、レーザー光  $L_a$  の横モードパターンが細長形状とは、上述した励起用レーザー光  $L_e$  の場合と同様に、レーザービームの断面形状が細長形状であって、流路 2 の方向（以下、X 方向と記す）を短くし、流路 2 に直交する方向（以下、Y 方向と記す）を長くした形状で、レーザービームを扁平にした状態をいう。

## 【 0 0 1 8 】

凹面鏡 1 4 は、Y 方向の曲率半径に比べて X 方向の曲率半径が小さい凹面形状の反射面を有する。反射面には、レーザー光  $L_a$  を反射する反射膜がコーティングされている。ここで、凹面鏡 1 4 の光軸は、固体レーザー 1 3 の発振波長を反射する反射膜がコーティングされている面 1 3 a に対して垂直である。

## 【 0 0 1 9 】

そして、レーザー発振器 1 が放射するレーザー光  $L_a$ 、即ち固体レーザー 1 3 と凹面鏡 1 4 との間で発振するレーザー光  $L_a$  は、横モードパターンを細長形状にした状態のままで維持される。

## 【 0 0 2 0 】

流路 2 は、粒子の検出対象となる流体をアウトレット 6 の下流に接続した吸引ポンプ（不図示）が吸引することにより、流体が矢印 A 方向にインレット 7 から



アウトレット 6 に流れて形成される。レーザー光  $L_a$  と流路 2 が直交して交差する箇所が粒子検出領域 8 となる。

#### 【 0 0 2 1 】

そして、図 2 に示すように、シリンドリカルレンズ 1 2 b を選定してレーザー光  $L_a$  の Y 方向の幅と流路 2 の幅を一致させることができる。レーザー光  $L_a$  の Y 方向の幅と流路 2 の幅を一致させれば、流路 2 の断面を全て粒子検出領域 8 とすることができ、流路 2 を通過する全ての粒子を検出することが可能になる。例えば、流路 2 の断面が円形であれば、レーザー光  $L_a$  の Y 方向の幅と流路 2 の直径を一致させることができる。

#### 【 0 0 2 2 】

受光部 3 は、粒子検出領域 8 で生じる散乱光  $L_s$  を集光する集光レンズ 9 と、集光した散乱光  $L_s$  を光電変換するフォトダイオード 1 0 などを備え、流体に粒子が含まれている場合に粒子検出領域 8 において粒子に照射されたレーザー光  $L_a$  による散乱光  $L_s$  を受光し、散乱光  $L_s$  の強度に応じた電気信号を出力する。

#### 【 0 0 2 3 】

以上のように構成した第 1 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器においては、レーザー発振器 1 が放射するレーザー光  $L_a$  の断面積を変えずに、レーザー光  $L_a$  の横モードパターンを細長形状にすれば、レーザー光  $L_a$  のエネルギー密度（強度）を低下させることなく、粒子検出領域 8 の幅を広げることができる。

また、X 方向の厚みを薄くすることで、粒子検出領域の体積の拡大を抑えることができ、空気分子などが発する背景光の増加を抑え、ノイズの増加を抑えることができる。

#### 【 0 0 2 4 】

また、図 2 に示すように、レーザー光  $L_a$  の Y 方向の幅と流路 2 の幅を一致させれば、流路 2 の断面を全て粒子検出領域 8 とすることができ、流路 2 を通過する全ての粒子を検出することが可能になる。

#### 【 0 0 2 5 】

更に、流路 2 の断面積を大きくして大量の試料流体を流す必要がある場合でも、粒子を検出できる限度（レーザー光  $L_a$  の X 方向の厚みの限度）において、レ-

ザ光 L a の断面積を変えないことなく、レーザ光 L a の Y 方向の幅を広げると共に、レーザ光 L a の X 方向の厚みを薄くすれば、レーザ光 L a のエネルギー密度（強度）を低下させることなく、粒子検出領域 8 の幅を広げることができる。

## 【 0 0 2 6 】

また、粒子を検出できる限度（レーザ光 L a の X 方向の厚みの限度）において、レーザ光 L a の断面積を従来よりも小さくして、レーザ光 L a の Y 方向の幅を広げると共に、レーザ光 L a の X 方向の厚みを薄くすれば、レーザ光 L a のエネルギー密度（強度）を高くして粒子検出領域 8 の幅を広げることができる。

## 【 0 0 2 7 】

従って、大量の試料気体を流路 2 に流すことができ、高纯净度の監視が可能な光散乱式粒子検出器を実現できる。

## 【 0 0 2 8 】

次に、本発明の第 2 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、図 3 に示すように、レーザ発振器 2 1 の外部に流路 2 2 を配置している。この場合、レーザ発振器 2 1 の外部にレーザ光 L a を出力する必要があるため、凹面鏡 2 4 を半透鏡としている。凹面鏡 2 4 が半透鏡である以外は、凹面鏡 2 4 は図 1 に示す凹面鏡 1 4 と同一機能を有する。

## 【 0 0 2 9 】

流路 2 2 は、粒子の検出対象となる流体をアウトレット 2 6 の下流に接続した吸引ポンプ（不図示）が吸引することにより、流体が矢印 A 方向にインレット 2 7 からアウトレット 2 6 に流れて形成される。レーザ光 L a と流路 2 2 が直交して交差する箇所が粒子検出領域 2 8 となる。なお、図 1 に示す符号と同一のものについては説明を省略する。

## 【 0 0 3 0 】

以上のように構成した第 2 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、図 1 に示す光散乱式粒子検出器と同様な作用効果を奏する。

## 【 0 0 3 1 】

次に、本発明の第 3 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、図 4 に示すように、半導体レーザ 1 1 が発する励起用レーザ光 L e を凹面鏡 3 2 で集光して固

体レーザー 1 3 に照射するようにレーザー発振器 3 1 を構成している。

【 0 0 3 2 】

凹面鏡 3 2 は、曲率半径が縦方向（X 方向）と横方向（Y 方向）とで異なる凹面形状の反射面を有し、図 1 に示す集光レンズ系 1 2 と同様に、固体レーザー 1 3 に横モードパターンが細長形状の励起用レーザー光 L e を照射する。なお、図 1 に示す符号と同一のものについては説明を省略する。

【 0 0 3 3 】

以上のように構成した第 3 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、図 1 に示す光散乱式粒子検出器と同様な作用効果を奏する。

【 0 0 3 4 】

また、上述の発明の実施の形態においては、半導体レーザー 1 1 が発する励起用レーザー光 L e の断面を細長形状にして固体レーザー 1 3 を照射する共に、曲率半径が縦方向と横方向とで異なる凹面鏡 1 4 , 2 4 によって固体レーザー 1 3 に帰還させて、横モードパターンが細長形状のレーザー光 L a を得るようにした。

【 0 0 3 5 】

しかし、半導体レーザー 1 1 が発する励起用レーザー光 L e の横モードパターンを細長形状とするだけでも、横モードパターンが細長形状のレーザー光 L a を得ることができる。また、Y 方向の曲率半径に比べて X 方向の曲率半径が小さい凹面形状の反射面を有する凹面鏡 1 4 , 2 4 によって固体レーザー 1 3 に帰還させるだけでも、横モードパターンが細長形状のレーザー光 L a を得ることができる。

【 0 0 3 6 】

【発明の効果】

以上説明したように請求項 1 に係る発明によれば、励起光源が発する励起光の断面を細長形状にして固体レーザーに照射するので、固体レーザーが放射するレーザー光の断面形状を細長形状にすることができる。

【 0 0 3 7 】

請求項 2 に係る発明によれば、固体レーザーが放射するレーザー光を曲率半径が縦方向と横方向とで異なる反射手段によって反射させて固体レーザーに帰還させるので、発振するレーザー光の断面形状を細長形状にすることができる。

【 0 0 3 8 】

請求項 3 に係る発明によれば、励起光源が発する励起光の断面を細長形状にして固体レーザに照射すると共に、この固体レーザが放射するレーザ光を曲率半径が縦方向と横方向とで異なる反射面を有する反射手段によって、固体レーザに帰還させるので、発振するレーザ光の断面形状を細長形状にすることができる。

また、励起光の有効利用が図れ、発振するレーザ光の強度を高めることができる。

【 0 0 3 9 】

請求項 4 に係る発明によれば、横モードパターンが細長形状のレーザ光を用いるので、レーザ光のエネルギー密度（強度）を低下させることなく、粒子検出領域を大きくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図

【図 2】

レーザ光と流路との関係を示す斜視図

【図 3】

本発明の第 2 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図

【図 4】

本発明の第 3 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図

【図 5】

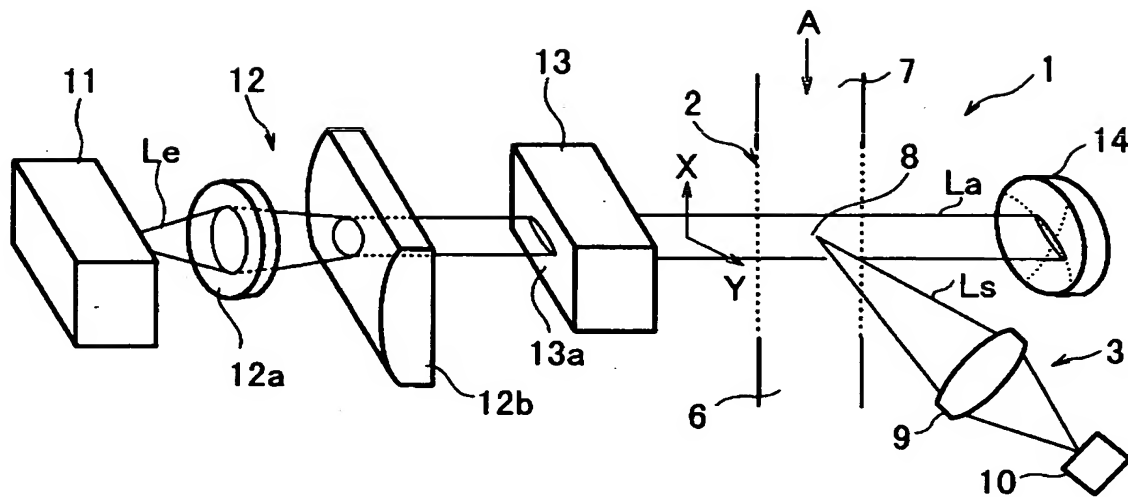
従来の光散乱式粒子検出器におけるレーザ光と流路との関係を示す斜視図

【符号の説明】

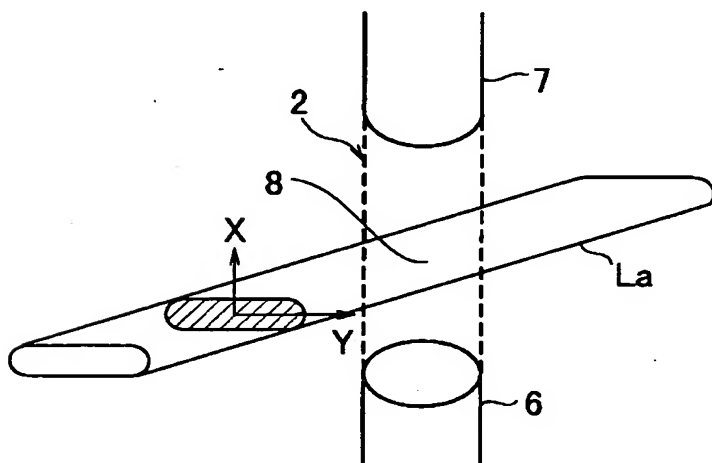
1, 2 1, 3 1 …レーザ発振器、2, 2 2 …流路、3 …受光部、6, 2 6 …アウトレット、7, 2 7 …インレット、8, 2 8 …粒子検出領域、1 1 …半導体レーザ、1 2 …集光レンズ系（集光手段）、1 2 b …シリンドリカルレンズ、1 3 …固体レーザ、1 4, 2 4 …凹面鏡（反射手段）、3 2 …凹面鏡（集光手段）、L a …レーザ光、L e …励起用レーザ光、L s …散乱光。

【書類名】 図面

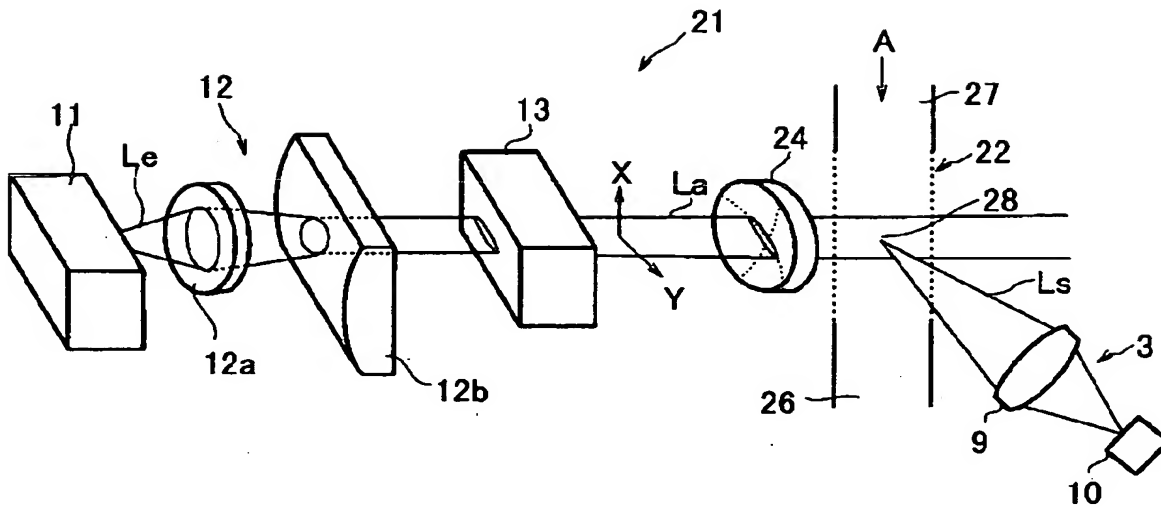
【図 1】



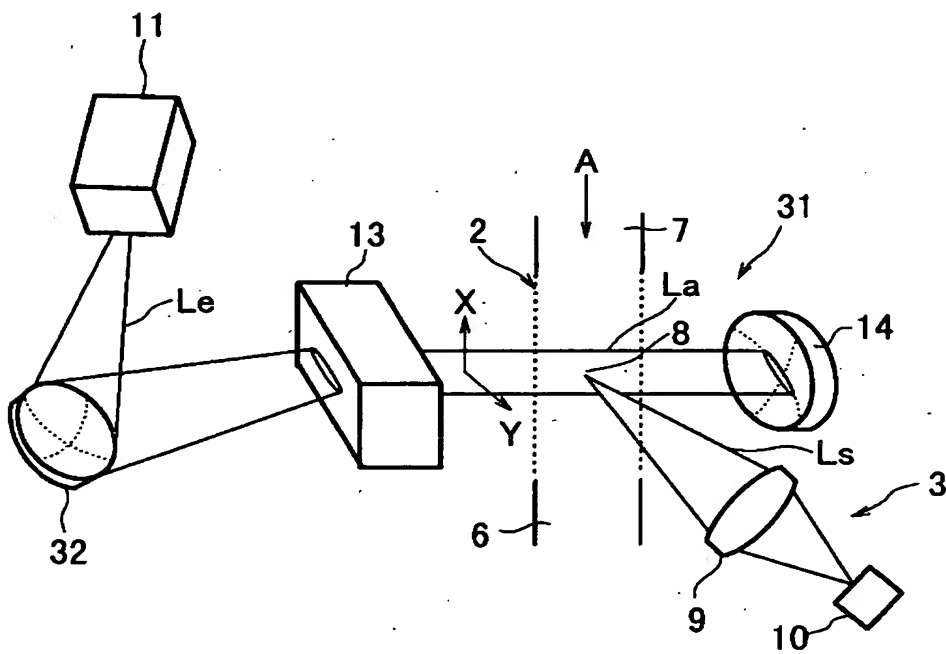
【図 2】



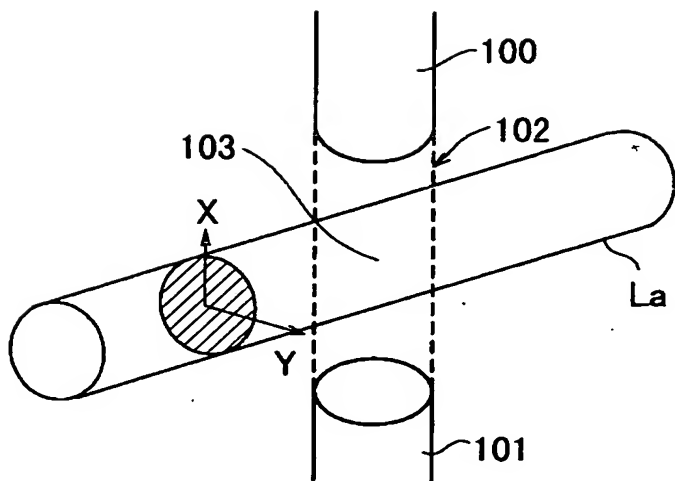
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】            要約書

【要約】

【課題】    粒子検出領域を大きくすることができる光散乱式粒子検出器を提供する。

【解決手段】    半導体レーザ 1 1 が発する励起用レーザ光  $L_e$  をシリンドリカルレンズ 1 2 b などからなる集光レンズ系 1 2 で固体レーザ 1 3 に集光させ、この固体レーザ 1 3 が発するレーザ光  $L_a$  を縦方向と横方向とで異なる曲率半径の反射面を有する凹面鏡 1 4 によって固体レーザ 1 3 に帰還させるレーザ発振器 1 が放射する横モードパターンが細長形状のレーザ光  $L_a$  を、試料流体が形成する流路 2 に照射して粒子検出領域 8 を形成し、この粒子検出領域 8 に含まれる粒子を、レーザ光  $L_a$  が粒子に照射されて生じる散乱光  $L_s$  を受光部 3 で受光することによって検出する。

【選択図】            図 1



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000115636]

1. 変更年月日 1990年 8月17日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都国分寺市東元町3丁目20番41号

氏 名 リオン株式会社